

TUGAS AKHIR

**PENGARUH VARIASI KECEPATAN UDARA TERHADAP
UNJUK KERJA *FLUIDIZED BED GASIFIER* DENGAN
DISTRIBUTOR UDARA JENIS PLAT**



**Disusun Sebagai Syarat Untuk Mencapai Gelar Sarjana Teknik
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta**

Disusun oleh:

TEGUH PRASETYO YUONO

NIM : D 200 110 021

**JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2017**

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi dengan judul :
“PENGARUH VARIASI KECEPATAN UDARA TERHADAP UNJUK KERJA *FLUIDIZED BED GASIFIER* DENGAN DISTRIBUTOR UDARA JENIS PLAT ” yang dibuat untuk memenuhi sebagai syarat memperoleh derajat sarjana S1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan dilingkungan Universitas Muhammadiyah Surakarta atau instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya saya cantumkan sebagaimana mestinya.

Surakarta, 20 Januari 2017

Yang menyatakan,



Teguh Prasetyo Yuono

HALAMAN PERSETUJUAN

Tugas Akhir berjudul “**PENGARUH VARIASI KECEPATAN UDARA TERHADAP UNJUK KERJA *FLUIDIZED BED GASIFIER* DENGAN DISTRIBUTOR UDARA JENIS PLAT**”, telah disetujui oleh pembimbing untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh derajat Sarjana (Strata 1) Teknik Mesin di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh:

Nama : Teguh Prasetyo Yuono

Nim : D 200 110 021

Disetujui pada:

Hari : Jumat

Tanggal : 20 Januari 2017

Pembimbing Utama


(**Nur Aklis, ST, M.Eng.**)

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir berjudul “**PENGARUH VARIASI KECEPATAN UDARA TERHADAP UNJUK KERJA *FLUIDIZED BED GASIFIER* DENGAN DISTRIBUTOR UDARA JENIS PLAT**”, telah dipertahankan dihadapan dewan penguji dan disahkan sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh:

Nama : **Teguh Prasetyo Yuono**

Nim : **D 200 110 021**

Disahkan pada:

Hari : Jumat

Tanggal : 20 Januari 2017

Tim Penguji

Ketua : **Nur Aklis, ST., M.Eng.** (.....)

Anggota 1 : **Ir. H. Subroto, MT.** (.....)

Anggota 2 : **Ir. Sunardi Wiyono, MT.** (.....)

Mengetahui,

Dekan

Ketua Jurusan



Ir. Sri Sunarjono, MT., Ph.D

Tri Widodo Besar R, ST., M.Sc., Ph.D

MOTTO

“ Demi masa. Sungguh, manusia berada dalam kerugian, Kecuali orang-orang yang beriman dan mengerjakan kebajikan serta saling menasihati untuk kebenaran dan saling menasihati untuk kesabaran.”

(Q.S Al- ‘Asr 1-3)

“ Ya Tuhanku, berilah aku petunjuk agar aku dapat mensyukuri nikmat-Mu yang telah Engkau limpahkan kepadaku dan kepada kedua orang tuaku, dan agar aku dapat berbuat kebajikan yang Engkau ridhai, dan berilah aku kebaikan yang akan mengalir sampai kepada anak cucuku. Sungguh, aku bertobat kepada Engkau, dan sungguh, aku termasuk orang muslim.”

(Q.S Al- Ahqaf 15)

“ Ya Tuhanku, tambahkanlah kepadaku ilmu pengetahuan.”

(Q.S Taha 114)

“ Nikmat yang paling berharga selepas Iman dan Islam adalah memiliki sahabat yang Sholeh.”

(Umar bin Khatab R.A)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan penuh mengharap ridho Allah SWT, teriring perasaan syukur dan sabar yang mendalam serta penghargaan yang tinggi, setelah melewati berbagai ujian dalam perjuangan yang tak kenal lelah, Saya mempersembahkan Tugas Akhir ini kepada :

1. Bapak dan ibu tercinta selaku orangtua dengan segala do'a, bimbingan, pengertian, perhatian, kasih sayang, kesabaran, keikhlasan dan pengorbanannya yang sangat besar kepada saya memberikan semangat kepada saya untuk selalu senantiasa berusaha sebaik mungkin.
2. Kedua kakak saya Atik Srihidayati dan Susilo Wardoyo yang selalu memberikan dukungan serta nasehatnya untuk terus bersemangat dalam menjalani hidup.
3. Almarhum Budi Darmawan selaku kakak yang memberikan inspirasi, semoga segala amal dan ibadahmu diterima di sisi Allah SWT.
4. Teman seperjuangan Tugas Akhir Riski Elis Saputra, Didik setyawan, dan Riskityanto Dwi Hadi Purnomo, terimakasih atas kerjasama dan bantuannya.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Sesungguhnya, segala puji hanyalah milik Allah, atas segala rahmat dan karunia- Nya yang telah terlimpahkan kepada penulis, sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan. Sholawat dan salam semoga senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW. Juga kepada keluarga, para sahabat serta orang-orang yang setia mengikuti mereka hingga hari akhir.

Tugas Akhir yang berjudul **“PENGARUH VARIASI KECEPATAN UDARA TERHADAP UNJUK KERJA *FLUIDIZED BED GASIFIER* DENGAN DISTRIBUTOR UDARA JENIS PLAT”** ini disusun untuk memenuhi persyaratan Sidang Sarjana S-1 pada Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, penulis banyak mendapat bantuan dari berbagai pihak, pada kesempatan ini, penulis dengan penuh keikhlasan hati ingin menyampaikan terima kasih kepada :

1. Nur Aklis, ST., M. Eng. selaku Dosen Pembimbing Utama Tugas Akhir yang telah bersedia menasehati, memberikan bimbingan, catatan serta meluangkan waktu, tenaga, pikiran dan segala perhatiannya kepada kami sehingga kami selalu bersemangat dan termotivasi untuk dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik. Kami minta maaf jika selama ini kami melakukan

kesalahan baik dalam bimbingan tugas akhir maupun yang lainnya.

2. Ir. Sunardi Wiyono, MT. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan arahnya mulai dari awal sampai akhir masa kuliah. Saya sebagai murid meminta maaf jika selama ini banyak melakukan kesalahan baik yang disengaja maupun tidak selama masa bimbingan perkuliahan.
3. Bapak Ir. Sri Sunarjono, MT. Ph, D selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
4. Bapak Tri Widodo Besar Riyadi, ST, M.Sc, Ph. D. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
5. Bapak Joko Sedyono, ST., MT., Ph. D. yang telah memberikan banyak nasihat dan ilmu agamanya .
6. Dosen Jurusan Teknik Mesin beserta Staf Tata Usaha Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
7. Teman – teman angkatan 2009, 2010, 2011, 2012 dan seterusnya di Universitas Muhammadiyah Surakarta.
8. Terimakasih untuk Andrey, Galih, Ervan, Haqi dan Apri yang selama ini membantu untuk memberikan tumpangan kamar kosnya.

9. Serta sahabat sejati Jamaludin Asyhari dan Riyadi yang memberikan bantuan dalam bentuk materiil maupun non materiil selama ini.

Akhir kata, penulis mohon maaf sebelum dan sesudahnya, jika sekiranya terdapat kesalahan dan kekurangan dalam penulisan Tugas Akhir ini, yang disebabkan adanya keterbatasan-keterbatasan antara lain waktu, dana, literatur yang ada, dan pengetahuan yang penulis miliki. Harapan penulis semoga laporan ini bermanfaat untuk pembaca.

Tugas Akhir ini semoga dapat bermanfaat khususnya bagi penulis dan pihak lain yang membutuhkan, Aamiin ya Robbaallamin.

Wassalamu'alaikum. Wr. Wb.

Surakarta, 20 Januari 2017



Penulis

ABSTRAK

Pembakaran bahan bakar gas lebih menguntungkan dari bahan bakar padat karena menghasilkan pembakaran yang lebih bersih, syngas dapat dibuat dengan cara gasifikasi dengan bahan bakar sekam padi. Salah satu teknologi gasifikasi yang digunakan adalah dengan fluidized bed gasifier. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kecepatan udara terhadap unjuk kerja fluidized bed gasifier yang meliputi temperatur reaktor, waktu nyala efektif, dan kalor yang dihasilkan. Penelitian diawali dengan pembuatan tungku fluidized bed gasifier sekam padi, kemudian melakukan pengujian pembakaran dengan mengatur kecepatan udara $V=1,5$ m/s, kecepatan udara, $V=2$ m/s, dan kecepatan udara $V=2,5$ m/s. Hasil penelitian menunjukkan kecepatan udara mempengaruhi unjuk kerja tungku fluidized bed gasifier, semakin besar kecepatan udara maka temperatur reaktor, waktu nyala efektif dan kalor yang dihasilkan semakin tinggi atau besar pula. Pada kecepatan udara $V=1,5$ m/s didapatkan temperatur tertinggi di dalam reaktor $385,6^{\circ}\text{C}$ pada menit ke 56, pada $V=2$ m/s didapatkan temperatur tertinggi pembakaran di reaktor 439°C pada menit ke 50, dan pada $V=2,5$ m/s didapatkan temperatur tertinggi pembakaran di reaktor 485°C pada menit ke 42. Untuk kecepatan udara $V=1,5$ m/s didapatkan waktu nyala efektif selama 60 menit, $V=2$ m/s didapatkan waktu nyala efektif selama 54 menit dan $V=2,5$ m/s didapatkan waktu nyala efektif selama 48 menit. Kalor yang dihasilkan dari kecepatan $V=1,5$ m/s adalah sebesar 1028,1391 KJ, $V=2$ m/s adalah sebesar 1222,8896 KJ dan untuk $V=2,5$ m/s sebesar 1466,9788 KJ.

Kata kunci : Fluidized bed gasifier, kecepatan udara, temperatur reaktor, waktu nyala efektif, kalor.

ABSTRACT

Combustion of gas fuel is more profitable than solid fuels because it produces cleaner burning, syngas can be produced by gasification of rice husk fuel. One of gasification technology used is a fluidized bed gasifier. This study aimed to determine the effect of air velocity on the performance of fluidized bed gasifier which includes the reactor temperature, the effective burning time, and the heat produced. Research begins with making furnace fluidized bed gasifier husks, then test the combustion by regulating the air speed $V=1,5$ m/s, air speed $V=2$ m/s, and air speed $2,5$ m/s. Results indicated airspeed affects the performance of the furnace fluidized bed gasifier, the greater the air velocity, the temperature of the reactor, effective burning time, and the higher the heat produced or greater. The air velocity $V=1,5$ m/s obtained the highest temperature in the reactor $385,6^{\circ}\text{C}$ at minute 56, at $V=2$ m/s obtained the highest temperature combustion in the reactor 439°C at minute 50, and at $V=2,5$ m/s obtained the highest temperature combustion in the reactor 485°C at minute 42. For air velocity $V=1,5$ m/s obtained effective burning time for 60 minutes, $V=2$ m/s obtained effective burning time for 54 minutes and $V=2,5$ m/s obtained effective burning time for 48 minutes. Heat generated from the speed $V=1,5$ m/s is equal 1028,1391 KJ, $V=2$ m/s is equal 1222,8896 KJ and for $V=2,5$ m/s is equal 1466,9788 KJ.

Keywords : *Fluidized bed gasifier, air velocity, temperature reactor, effective burning time, heat.*

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Pernyataan Keaslian Skripsi	ii
Halaman Persetujuan	iii
Halaman Pengesahan	iv
Halaman Motto.....	v
Halaman Persembahan	vi
Kata Pengantar	vii
Abstraksi	x
Daftar Isi	xii
Daftar Gambar	xv
Daftar Tabel	xvi
Daftar Grafik.....	xvii
Daftar Simbol	xviii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	5

BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka	7
2.2 Dasar Teori	9
2.2.1 Gasifikasi	9
2.2.2 Fluidisasi	12
2.2.3 Keuntungan Fluidisasi	14

2.2.4 Tipe Gasifier	15
2.2.5 Material Bed	20
2.2.6 Tahapan Proses Pembakaran.....	23
2.2.7 Tar.....	24
2.2.8 Gas Metana	25
2.2.9 Kalor	26
2.2.10 Prinsip Dasar Kontinuitas	27
2.2.11 Persamaan Bernoulli	30

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian	34
3.2 Tahapan Penelitian	35
3.3 Instalasi Pengujian Fluidized Bed	37
3.4 Peralatan Penelitian	39
3.5 Bahan Penelitian	44
3.6 Alat Ukur	44

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Data kecepatan minimum fluidisasi pada distributor dengan jumlah lubang 37	48
4.2 Data dan pembahasan temperatur reaktor dengan kecepatan udara 1,5 m/s	49
4.3 Data dan pembahasan temperatur reaktor dengan kecepatan udara 2 m/s	50
4.4 Data dan pembahasan temperatur reaktor dengan kecepatan udara 2,5 m/s	51
4.5 Data dan pembahasan temperatur reaktor pada tiga variasi kecepatan udara 1,5 m/s, 2 m/s dan 2,5 m/s.....	52
4.6 Data dan pembahasan temperatur panas api dengan kecepatan udara 1,5 m/s terhadap waktu pada kerja fluidized bed.....	53

4.7 Data dan pembahasan temperatur panas api dengan kecepatan udara 2 m/s terhadap waktu pada unjuk kerja fluidized bed.....	54
4.8 Data dan pembahasan temperatur panas api dengan kecepatan udara 2,5 m/s terhadap waktu pada unjuk kerja fluidized bed.....	55
4.9 Data dan pembahasan temperatur panas api dengan variasi tiga kecepatan udara 1,5 m/s, 2 m/s dan 2,5 m/s.....	56
4.10 Grafik hubungan temperatur air terhadap waktu pembakaran dengan kecepatan udara 1,5 m/s.....	57
4.11 Grafik hubungan temperatur air terhadap waktu pembakaran dengan kecepatan udara 2 m/s.....	58
4.12 Grafik hubungan temperatur air terhadap waktu pembakaran dengan kecepatan udara 2,5 m/s.....	59
4.13 Hubungan temperatur air terhadap waktu tiga variasi kecepatan udara 1,5 m/s, 2 m/s dan 2,5 m/s	60
4.14 Tabel perhitungan kalor sensibel variasi tiga kecepatan	61
4.15 Tabel perhitungan kalor laten variasi tiga kecepatan	62
4.16 Tabel kalor terpakai variasi tiga kecepatan.....	63
4.17 Hubungan kecepatan udara dengan jumlah kalor yang dihasilkan	63

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan	65
5.2. Saran	65

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Tahapan Proses Gasifikasi	10
Gambar 2.2. Konsep Dasar Fluidisasi	13
Gambar 2.3. Berbagai macam tipe gasifier	16
Gambar 2.4. Pasir Silika	21
Gambar 2.5. Sekam Padi	22
Gambar 2.6. Aliran fluida dalam tabung	28
Gambar 2.7. Aliran fluida pada penampang yang sama	29
Gambar 2.8. Siklus persamaan bernoulli	30
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian	34
Gambar 3.2. <i>System fluidized bed gasifier</i>	37
Gambar 3.3. Instalasi alat <i>fluidized bed gasifier</i>	38
Gambar 3.4. Blower	39
Gambar 3.5. Plenum.....	40
Gambar 3.6. distributor lubang tipe plat	40
Gambar 3.7. Reaktor Fluidisasi	41
Gambar 3.8. Cyclone.....	41
Gambar 3.9. Tangki Filter	42
Gambar 3.10. Kompor modifikasi	43
Gambar 3.11. Material bed	44
Gambar 3.12. Anemometer digital	44
Gambar 3.13. <i>Thermocouple Rider</i>	45
Gambar 3.14. Timbangan Analog.....	46
Gambar 3.15. Stopwatch digital.....	46
Gambar 3.16. Thermometer Air Raksa	47

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Kelebihan dan kekurangan berbagai tipe <i>gasifier</i>	16
Tabel 2.2. Komposisi kimia sekam padi berdasarkan DTC-IPB	23
Tabel 2.3. Keterangan gambar instalasi	38
Tabel 4.14. Tabel perhitungan kalor sensibel variasi tiga kecepatan udara	61
Tabel 4.15. Tabel perhitungan kalor laten variasi tiga Kecepatan udara	62
Tabel 4.16. Tabel kalor terpakai variasi tiga kecepatan udara	63

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1. Grafik karakteristik kecepatan minimum fluidisasi distributor jumlah lubang 37	48
Grafik 4.2. Grafik temperatur reaktor percobaan <i>fluidized bed gasifier</i> pembakaran sekam padi kecepatan udara 1,5 m/s	49
Grafik 4.3. Grafik temperatur reaktor <i>fluidized bed gasifier</i> pembakaran sekam padi dengan kecepatan udara 2 m/s	50
Grafik 4.4. Grafik temperatur reaktor <i>fluidized bed gasifier</i> pembakaran sekam padi dengan kecepatan udara 2,5 m/s	51
Grafik 4.5. Grafik temperatur reaktor pada tiga variasi kecepatan udara 1,5 m/s, 2 m/s, 2,5 m/s	52
Grafik 4.6. Grafik temperatur panas api dengan kecepatan udara 1,5 m/s terhadap waktu pada kerja alat <i>fluidized bed</i>	54
Grafik 4.7. Grafik temperatur panas api kecepatan 2 m/s terhadap waktu pada kerja alat <i>fluidized bed</i>	55
Grafik 4.8. Grafik temperatur panas api dengan kecepatan udara 2,5 m/s terhadap waktu pada kerja alat <i>fluidized bed</i>	56
Grafik 4.9. Grafik temperatur pembakaran variasi tiga kecepatan udara 1,5 m/s, 2 m/s, 2,5 m/s	57
Grafik 4.10. Grafik hubungan temperatur air terhadap waktu pembakaran dengan kecepatan udara 1,5 m/s	58
Grafik 4.11. Grafik hubungan temperatur air terhadap waktu pembakaran dengan kecepatan udara 2 m/s	59
Grafik 4.12. Grafik hubungan temperatur air terhadap waktu pembakaran dengan kecepatan udara 2,5 m/s	60
Grafik 4.13. Grafik hubungan temperatur air terhadap waktu pembakaran dengan tiga variasi kecepatan udara	61

DAFTAR SIMBOL

Simbol		Satuan
Q	= Kalor	[Joule]
Q_s	= Kalor sensible	[Joule]
Q_l	= Kalor laten	[Joule]
m	= Massa bahan bakar	[kg]
C_p	= Kalor jenis air	[kJ/kg.°C]
h_{fg}	= Enthalpy penguapan	[kJ/kg]
ΔT	= $T_2 - T_1$ (perubahan suhu)	[°C]
P	= Tekanan	[N/m ²]
A	= Luas penampang	[m ²]
v	= Kecepatan aliran fluida	[m/s]
ρ	= Massa jenis fluida	[kg/m ³]
g	= Percepatan gravitasi bumi	[9,8 m/s ²]